Die Entwicklung der physiologischen Linkshypertrophie im Elektrokardiogramm des Kleinkindes

---

von

Manfred Gruhl

aus Leipzig

1967

1967 № 201

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535718_0069

Aus der Kinderklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. A. Windorfer

Die Entwicklung der physiologischen Linkshypertrophie im Elektrokardiogramm des Kleinkindes

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
zu Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Manfred Gruhl
aus Leipzig

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof.Dr.med.K.-G.OBER
Referent: Priv.-Doz.Dr.med.H.GUTHEIL
Korreferent: Prof.Dr.med.A.WINDORFER
Tag der mündlichen Prüfung: 28.7.67

Es ist mein aufrichtiger Wunsch,

Herrn Professor Dr.med.A.Windorfer für die Erlaubnis zur Arbeit an der Universitäts-Kinderklinik,

meinem verehrten Doktorvater, Herrn Priv.-Doz. Dr.med.H.Gutheil, für die Überlassung des Themas und die ständige Unterstützung bei seiner Bearbeitung

und den freundlichen Mitarbeiterinnen der Klinik für ihre wohltuende Hilfsbereitschaft

herzlich zu danken.

Inhalt

A) Anatomische und physiologische Vorbemerkungen mit Einführung in die Problematik der Kammerhypertrophie des Herzens

B) Eigene Untersuchungen

1. Methodik und Ergebnisse

2. Besprechung der Ergebnisse

C) Zusammenfassung

D) Literatur

Das menschliche Herz unterliegt in den letzten Wochen vor und in den ersten Monaten nach der Geburt erheblichen Umbauvorgängen. Es hängt dies mit den unterschiedlichen hämodynamischen Verhältnissen vor und nach der Geburt zusammen, die im folgenden kurz erläutert werden sollen.

Die Besonderheiten des fötalen Kreislaufs in utero bestehen darin, daß der Lungenkreislauf im wesentlichen auf die Blut- und Sauerstoffversorgung des Lungenparenchyms beschränkt ist, da in der Lunge des Föten noch kein Gasaustausch stattfindet, und der größere Teil des Blutes, welches das rechte Herz passiert hat, aus dem kleinen Kreislauf ausgeschaltet wird. Es geschieht dies durch den Übertritt des Blutes erstens aus dem rechten Vorhof durch das offene Foramen ovale in den linken Vorhof und zweitens aus dem rechten Ventrikel über Art. pulmonalis und Ductus arteriosus Botalli direkt in die Aorta.

Der rechte Ventrikel muß bei diesen Kreislaufverhältnissen eine vermehrte Druckarbeit leisten; denn am Ductus arteriosus Botalli wirkt der Druck des linken Ventrikels, der erreicht werden muß, soll es nicht zu einem Rückstau des Blutes in den rechten Ventrikel kommen. Zunächst, nämlich solange das Foramen ovale noch weit offen ist, unterliegt der rechte Ventrikel jedoch einer geringeren Volumenbelastung als der linke; erst mit zunehmendem Verschluß des Foramen ovale nimmt auch das vom rechten Ventrikel zu fördernde Blutvolumen und damit die von ihm zu leistende Arbeit weiter zu.

So kommt es nach Untersuchungen von HORT in den drei letzten Schwangerschaftsmonaten zu einem stärkeren Wachstum der rechtsventrikulären Muskulatur als der linksventrikulären. Der rechte Ventrikel paßt sich der vermehrten Belastung an.

Bei der Geburt ist der rechte Ventrikel ebenso schwer wie der linke, das Muskelmassenverhältnis ist also 1:1 oder liegt sogar noch etwas darüber (EMERY u. MITHAL, HORT, LINZBACH, MÜLLER). Man spricht von der "physiologischen Rechtshypertrophie" des Neugeborenenherzens.

Mit der Abnabelung und dem ersten Atemzug des Neugeborenen kommt es nach der Geburt zu einer Veränderung der Kreislaufverhältnisse. Durch den Verschluß des Foramen ovale und die Obliteration des Ductus Botalli im Laufe der ersten Lebenstage und -wochen (KEITH u. FORSYTH, LIND u. WEGELIUS) werden "kleiner" (Lungen-) und "großer" (Körper-)Kreislauf vollkommen voneinander getrennt bzw. hintereinandergeschaltet.
In Abb.1 sind die unterschiedlichen hämodynamischen Verhältnisse am Herzen vor und nach der Geburt dargestellt.

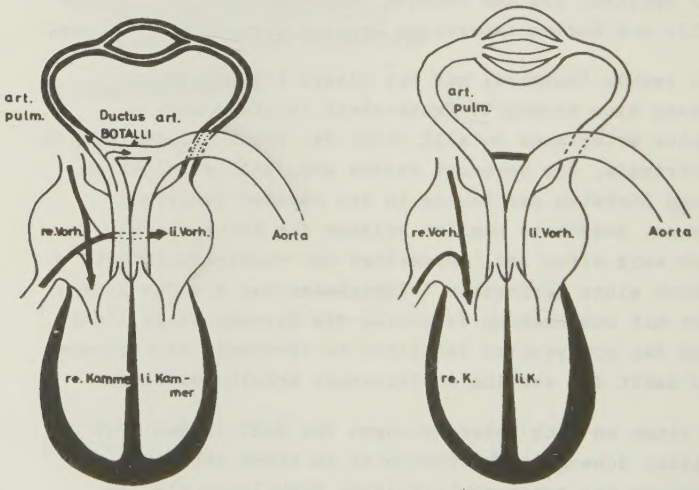

Abb.1a) Abb.1b)

Schematische Darstellung der Kreislaufverhältnisse am Herzen; a = vor der Geburt, b = nach der Geburt.

Die Druckarbeit des rechten Ventrikels sinkt durch die vollständige Eröffnung des Lungenkreislaufs und durch den Verschluß des Ductus Botalli ab, das Schlagvolumen bleibt gleich oder wird geringfügig vermindert.
Die Beanspruchung des linken Ventrikels zur Bewältigung der peripheren Blutversorgung wird dagegen ständig größer. Dementsprechend erfährt das Muskelmassenverhältnis rechter Ventrikel : linker Ventrikel eine Veränderung zugunsten des linken Ventrikels und beträgt nach den Untersuchungen von HORT bereits 3 Monate nach der Geburt 1:2. Das entspräche dem Verhältnis, welches man auch am Erwachsenenherzen finden kann. EMERY und MITHAL fanden - methodisch bedingt - andere Werte. Nach ihren Untersuchungen nahm der rechte Ventrikel von der Geburt bis zum Ende des ersten Lebensjahres von 6,8 auf 12,0g an Gewicht zu, während das Gewicht des linken Ventrikels von 5,8 auf 18,2 g anstieg. Im 3.Lebensmonat fanden sie ein Durchschnittsgewicht von 7,1 g für den rechten und von 9,8 g für den linken Ventrikel, das entspricht dem Verhältnis 1:1,38.
Auch von LINZBACH wurde beschrieben, daß die Muskulatur der linken Herzkammer in der frühen Säuglingszeit deutlich schneller zunimmt, als es der allgemeinen Zunahme des Körpergewichts entspräche.

Die Kenntnis des physiologischen Muskelmassenverhältnisses und seiner Entwicklung unter normalen Bedingungen war von besonderer Bedeutung für die Diagnostik bei angeborenen und erworbenen Herzfehlern.
Wie aus umfangreichen pathologisch-anatomischen Untersuchungen und Befunden hervorgeht, weicht bei verschiedenen Herzfehlern das Muskelmassenverhältnis der Ventrikel in charakteristischer Weise vom Normalwert ab (JOHNSON, FERRER et al., MARQUIS). Dies kann auch im Elektrokardiogramm erkannt werden. J.SCHMIDT hat die Hämodynamik zum Einteilungsprinzip der Herzfehler gemacht und überzeugend nachweisen können, daß dem Elektrokardiogramm für die Analyse der

eng mit den anatomischen Gegebenheiten am Herzen zusammenhängenden hämodynamischen Verhältnisse eine entscheidende Bedeutung zukommt. Da z.B. bei einer Pulmonalstenose die Kontraktionskraft des rechten Ventrikels erhöht werden muß, damit der Widerstand überwunden werden kann, kommt es je nach dem Grad der Stenose zu einer Vermehrung der Muskelmasse des rechten Ventrikels. Die vermehrte Muskelmasse hat eine größere elektromotorische Kraft (SCHAEFER, ROTHSCHUH u. PORTHEINE), die in den präcordialen Brustwandableitungen registriert werden kann (TORNER-SOLER et al.).

Wenn die Frage nach einer Hypertrophie gestellt wurde, richtete man schon früher bei der Beurteilung des EKG besonderes Augenmerk auf das Verhältnis R-Zacke zu S-Zacke in den präcordialen Ableitungen. SOKOLOW versuchte als Maßzahl den Quotienten aus R:S in V_5 und R:S in V_1 anzunehmen, oder er beurteilte die absolute Höhe der R-Zacke in V_1 und addierte dazu die absolute Höhe der S-Zacke in V_5 oder V_6, je nachdem, welche von beiden größer war. Der Wert dieses sogenannten SOKOLOW-Index ist jedoch bei der Hypertrophiediagnostik besonders im Kindesalter eingeschränkt, (STOERMER; SPANG).
Andere Größen, die man zur Beurteilung des Muskelmassenverhältnisses aus dem EKG heranzog, waren der Beginn der örtlichen Negativitätsbewegung über dem rechten Herzen, der bei einer Rechtshypertrophie verspätet einsetzt und die absolute Höhe der R-Zacken in den Ableitungen V_{3r} und V_1 im Vergleich zu den linkspräcordialen Ableitepunkten V_5 und V_6. Besonders letztere Daten erwiesen sich jedoch als noch weniger zuverlässig, da sie sehr stark von extrakardialen Faktoren beeinflußt werden (KINKEL, SPANG u. WELSCH). Die sicherste Aussage über das Muskelmassenverhältnis und damit über das Vorliegen einer Hypertrophie dürfte die synoptische Beurteilung aller R:S-

Quotienten der Brustwandableitungen erlauben (GUTHEIL, J.SCHMIDT, STOERMER und GODT, SPANG und WELSCH). Beim Erwachsenen ist der R:S-Quotient rechtspräcordial kleiner als 1 und linkspräcordial größer als 1. Eine Änderung des Muskelmassenverhältnisses führt zu einer Änderung des normalen Formenbildes des R:S-Verhältnisses; das macht der Vergleich eines Neugeborenen-EKG mit einem Erwachsenen-EKG deutlich. Das Auftreten der Zeichen einer Rechtshypertrophie im EKG ist also der Ausdruck einer Veränderung des Muskelmassenverhältnisses zugunsten des rechten Ventrikels. Es genügt bereits ein Gewichtsverhältnis zwischen rechter und linker Kammer von o,84 (ELSTER und v.LUTTEROTTI, MÜLLER), um im EKG die Zeichen der Rechtshypertrophie auftreten zu lassen.

Das Größenverhältnis von R:S in den Brustwandableitungen kann in Form einer Relationskurve grafisch dargestellt werden. J.SCHMIDT gab dafür folgende Methode an: Man errechnet für jeden einzelnen Ableitepunkt einen sogenannten Relationsquotienten. Dieser stellt das Verhältnis von R:R+S dar und wird in Prozent ausgedrückt. Neben dem Relationsquotienten kann man in einem Koordinatensystem, das in der Ordinate eine Prozenteinteilung und eine mV-Einteilung und in der Abszisse den Ort der Ableitepunkte auf der Brustwand enthält, die absoluten Werte für die Amplitude der R- und S-Zacken (in Millivolt = mV) auftragen. Für jede besondere Form der Ventrikelhypertrophie erhält man auf diese Weise Kurven, die sich deutlich voneinander unterscheiden, je nachdem, ob es sich um eine Links-, Rechts- oder um eine Doppelhypertrophie handelt. Außerdem kann der Grad der Hypertrophie beurteilt werden.

Die Abb.2 zeigt drei typische Kurvenbilder für die einzelnen Formen der Kammerhypertrophie.

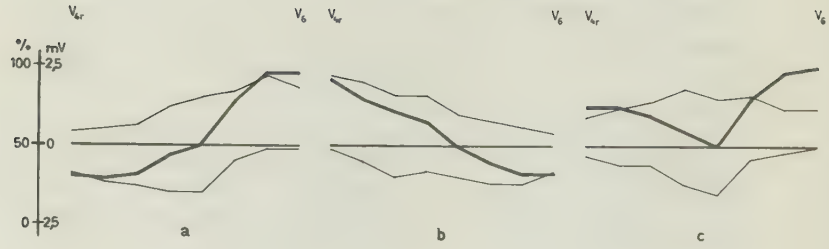

Abb.2: Relationskurven bei verschiedenem Massenverhältnis von rechtem zu linkem Ventrikel (nach J.SCHMIDT). a) bei Linkshypertrophie, b) bei Rechtshypertrophie, c) bei Doppelhypertrophie. Die obere dünne Linie verbindet die Gipfelpunkte der R-Zacken, die untere dünne Linie die der S-Zacken; die stark gezeichnete Linie ist die Relationskurve für R:R+S.

a) Bei einer Linkshypertrophie, wie man sie physiologischerweise beim älteren Kind und beim Erwachsenen findet, liegt der Beginn der Relationskurve in V_{4r} bis V_2 oder V_3 unter der 0-Volt- bzw. 50%-Linie; die Kurve steigt nach linkspräcordial an und endet in V_6 hoch oberhalb der 50%-Linie.

b) Die Rechtshypertrophiekurve zeigt einen umgekehrten Verlauf. Sie beginnt in V_{4r} oberhalb der 50%-Linie und fällt in einem mehr oder weniger steilen Verlauf nach linkspräcordial hin ab.

c) Bei der Doppelhypertrophiekurve liegt der Beginn rechtspräcordial oberhalb der 50%-Linie; die Kurve endet nach einem muldenförmigen Verlauf links oben.

Der Vorteil des Relationsquotienten R:R+S, der nichts anderes ausdrückt als den prozentualen Anteil der R-Zacke an der Gesamthöhe des R-S-Ausschlages, liegt gegenüber dem einfachen Quotienten R:S darin, daß man nur Werte zwischen 0 und 1 erhält, die man leicht in Prozent ausdrücken und grafisch darstellen kann, während der Quotient R:S alle Werte von 0 bis ∞ annehmen kann.

Bei der Beurteilung der Elektrokardiogramme von Säuglingen und Kleinkindern stellt sich immer wieder die Frage, bis zu welchem Alter man eine Rechts- oder Doppelhypertrophie bzw. deren elektrokardiografischen Äquivalente als physiologisch ansehen darf. Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich bereits mit dieser Frage, auf welche noch bei der Besprechung unserer eigenen Ergebnisse eingegangen werden soll.

Die Relationskurven bieten eine einfache und zahlenmäßig gut faßbare Methode, die Entwicklung des Herzens von der physiologischen Neugeborenen-Rechtshypertrophie zur physiologischen Linkshypertrophie des Erwachsenen zu verfolgen. GUTHEIL und SAKHEL untersuchten bereits die Entwicklung innerhalb des ersten Lebensjahres und fanden eine rasche Umbildung der Rechtshypertrophiekurve in eine solche mit den Merkmalen einer Doppelhypertrophie.
In dieser Arbeit soll besonders die Altersgruppe zwischen 12 Monaten und 4 Jahren betrachtet werden, da sie bisher in Untersuchungen von anderer Seite als eine geschlossene Gruppe behandelt wurde und die feineren Veränderungen, die sich gerade in diesem Zeitraum abspielen, nicht deutlich werden konnten.

Methodik und Ergebnisse

Bei 212 herzgesunden Kleinkindern der Universitäts-Kinderklinik Erlangen - 101 Mädchen und 111 Knaben - im Alter zwischen 1 Jahr und 4 Jahren wurde das Elektrokardiogramm abgeleitet. Die Kriterien für das Urteil "herzgesund" waren: Kind klinisch in Bezug auf Herz und Kreislauf unauffällig, d.h. keine Cyanose, keine Ödeme, Körpergröße im Bereich der physiologischen Norm. Herz röntgenologisch und auskultatorisch ohne pathologischen

Befund, keine Störungen des Mineralhaushalts. Besonders wurde auch darauf geachtet, daß keine längere Zeit bestehenden Lungenprozesse vorhanden waren, da die Meinungen darüber, innerhalb welcher Zeit sich im Säuglings- und Kleinkindesalter auf grund eines pulmonalen Prozesses die Zeichen der Rechtshypertrophie ausbilden können, geteilt sind.
Die Verteilung der Kinder nach Alter und Geschlecht über den Beobachtungszeitraum vom 1. bis zum vollendeten 4. Lebensjahr zeigt Abb.3.

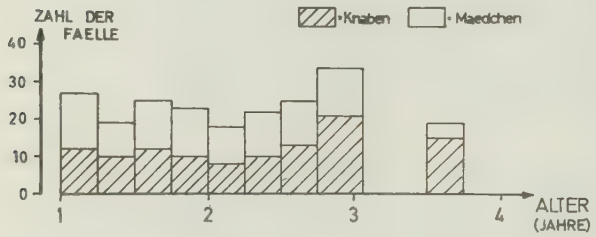

Abb.3: Verteilung der 212 untersuchten Kinder nach Alter und Geschlecht. Jede einzelne Säule stellt eine Altersgruppe dar.

Für die Registrierung des EKG wurde ein Dreifach-Direktschreiber vom Typ "Multiskriptor" der Fa.Hellige, Freiburg/Br. verwendet. Da in dieser Arbeit der Beginn der örtlichen Negativitätsbewegung nicht besonders ausgewertet wurde, genügte die simultane Aufzeichnung von jeweils drei Ableitepunkten. Es wurden am liegenden Kind die Standard-Extremitätenableitungen, die semiunipolaren (Goldberger-) und die unipolaren (Wilson-) Ableitungen registriert.

Neben den Ableitepunkten V_1 bis V_6 wurden auch die rechtspräcordialen Ableitungen V_{4r} und V_{3r} mit erfaßt. Registriert wurde mit einer Papiergeschwindigkeit von 5o mm/sec. und einer Verstärkung, bei der 1 Millivolt (mV) den Ausschlag von 1 cm ergab. In einigen Fällen mußte die Verstärkung verringert werden, dann entsprach 1 mV dem Ausschlag von o,5 cm.
Für die quantitative Auswertung im Rahmen dieser Arbeit wurden nur die präcordialen Brustwandableitungen V_{4r} bis V_6 herangezogen, wobei wiederum besonderes Augenmerk auf die R- und die S-Zacken gerichtet war.
Die Auswertung erfolgte nach folgendem Prinzip: Die Höhe der R-Zacken und der S-Zacken wurde ausgemessen. Bei der Eichung 1 mV = 1 cm entsprach die Höhe der Zacken in cm genau der Spannung in mV, bei der Eichung o,5 cm = 1 mV wurden die ausgemessenen Werte verdoppelt. Aus den gefundenen R- und S-Werten wurde für jeden Ableitepunkt der Relationsquotient R:R+S errechnet und in Prozent ausgedrückt.
In Tabelle 1 (siehe Anhang) sind die Zahlenergebnisse im einzelnen aufgeführt, wobei das Kollektiv der untersuchten Kinder in 9 Altersgruppen eingeteilt wurde:

Gruppe	I	1 Jahr	bis 1 Jahr 3 Mon.	(27 Fälle)
"	II	1 Jahr 3 Mon.	bis 1 Jahr 6 Mon.	(19 Fälle)
"	III	1 Jahr 6 Mon.	bis 1 Jahr 9 Mon.	(25 Fälle)
"	IV	1 Jahr 9 Mon.	bis 2 Jahre	(23 Fälle)
Gruppe	V	2 Jahre	bis 2 Jahre 3 Mon.	(18 Fälle)
"	VI	2 Jahre 3 Mon.	bis 2 Jahre 6 Mon.	(22 Fälle)
"	VII	2 Jahre 6 Mon.	bis 2 Jahre 9 Mon.	(25 Fälle)
"	VIII	2 Jahre 9 Mon.	bis 3 Jahre 1 Mon.	(34 Fälle)
Gruppe	IX	3 Jahre 1 Mon.	bis 4 Jahre	(19 Fälle)

Für jede Altersgruppe wurde aus der Summe aller Einzelwerte der Relationsquotienten für jeden Ableitepunkt der arithmetische Mittelwert errechnet. Die Mittelwerte sind in Tabelle 2 (s.Anhang) angeführt.

Nun wurden die Mittelwerte der Relationsquotienten einer jeden Altersgruppe in der oben bezeichneten Weise grafisch dargestellt. Die so erhaltenen Relationskurven zeigt die Abb.4 (s.Anhang).
Eine weitere quantitative Auswertung der Relationsquotienten geschah in folgender Weise: Die in Prozent ausgedrückten Relationswerte der Ableitungen V_{3r}, V_1 und V_2 (das entspricht dem rechten Ventrikel) wurden addiert und durch die Summe aus den Relationswerten der Ableitungspunkte V_4, V_5 und V_6 (entsprechend dem linken Ventrikel) dividiert. Man erhält auf diese Weise einen Summenquotienten, der kurz mit Q_S bezeichnet wurde:

$$\frac{\text{Prozentwerte } V_{3r}+V_1+V_2}{\text{Prozentwerte } V_4+V_5+V_6} = Q_S \qquad \text{(GUTHEIL).}$$

Für jedes EKG der vorliegenden Untersuchungsreihe wurde der Summenquotient Q_S ermittelt. In 4 von den 212 Fällen erwies sich der Wert von V_{3r} als nicht sicher beurteilbar. Hier wurde im Zähler die Summe $V_1+V_2+V_3$ verwendet.
In Abb.5 ist die Verteilung aller einzelnen Q_S-Werte dargestellt; die zugehörigen Zahlenwerte finden sich in Tabelle 3 (s.Anhang).

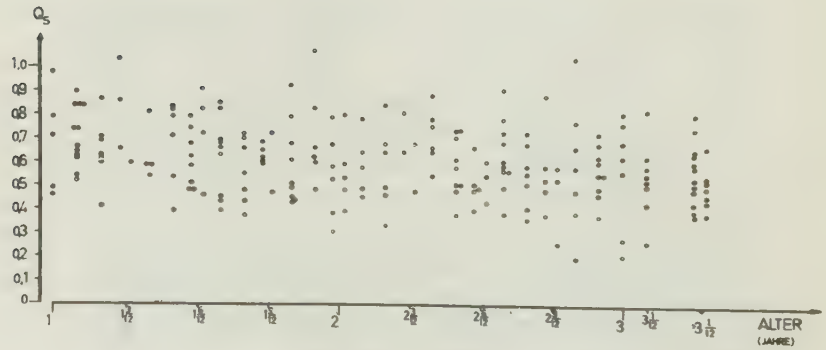

Abb.5: Verteilung der Q_S-Werte in Abhängigkeit vom Lebensalter. o = Mädchen, ● = Knaben.

Die Mittelwerte des Summenquotienten für jede Altersgruppe und die Mittelwerte der Q_S für Mädchen und Knaben getrennt errechneten wir aus den Zahlen der Tabelle 3 (s.Anhang). In der folgenden Tabelle 4 sind die Maximal-, Mittel- und Minimalwerte der Summenquotienten angegeben.

Tabelle 4:

Gruppe	Zahl der Knaben	Q_S-Knaben min.	Mittel	max.	Zahl der Mädch.	Q_S-Mädchen min.	Mittel	max.	Q_S-gesamt Mittel
I	12	o,49	o,71	1,o4	15	o,42	o,7o	o,98	o,71
II	1o	o,54	o,74	o,84	9	o,4o	o,54	o,63	o,64
III	12	o,44	o,65	o,86	13	o,38	o,62	o,92	o,63
IV	1o	o,44	o,65	o,93	13	o,31	o,6o	1,o8	o,62
V	8	o,47	o,64	o,85	1o	o,34	o,57	o,82	o,6o
VI	1o	o,4o	o,62	o,89	12	o,38	o,59	o,76	o,6o
VII	13	o,36	o,56	o,73	12	o,38	o,62	o,92	o,59
VIII	21	o,2o	o,59	o,83	13	o,21	o,51	1,o5	o,56
IX	15	o,38	o,55	o,81	4	o,4o	o,52	o,75	o,55

Um die Verhältnisse noch einmal zu veranschaulichen, sind die Q_S-Mittelwerte in der folgenden Abb.6 grafisch dargestellt.

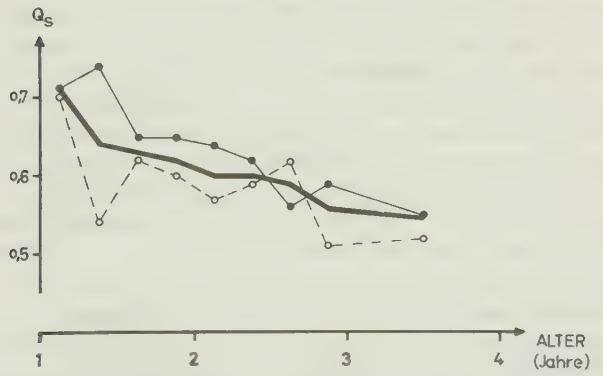

Abb.6: Darstellung der Mittelwerte der Q_S in Abhängigkeit vom Lebensalter. o--o = Mädchen, ●—● = Knaben. Die ausgezogene Linie gibt den Verlauf der Mittelwerte der Q_S ohne Trennung nach Geschlechtern wieder.

Der Summenquotient ist von besonderer Bedeutung, weil es GUTHEIL gelang, nachzuweisen, daß zwischen dem Summenquotienten und dem Ventrikeldruckquotienten eine enge positive Korrelation besteht. Er konnte damit eine mathematisch faßbare Verbindung zwischen einer hämodynamischen Größe (Ventrikeldruck) und dem EKG herstellen.

Besprechung der Ergebnisse

Geht man von der Betrachtung der gewonnenen Relationskurven aus (Abb.4, s.Anhang), so fällt zunächst auf, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Altersgruppen gering sind. Bei genauer Betrachtung kann man jedoch eine deutliche und kontinuierliche Entwicklung erkennen.

In Gruppe I liegen noch alle Relationswerte von V_{3r} bis V_6 über der 50%-Linie. Nur der Wert von V_{4r} liegt bereits darunter. Der im EKG als Umschlags- oder Übergangszone bezeichnete Bereich des Übergangs vom dominierenden S zum Überwiegen der R-Zacke liegt also noch im Bereich der äußersten rechtspräcordialen Brustwandableitungen, ist aber doch schon registrierbar. GUTHEIL und SAXHEL konnten dies auch bei der Altersgruppe der 12-monatigen Säuglinge schon finden, die Relationskurven der Kinder unter 12 Monaten dagegen lagen von V_{4r} bis V_6 vollständig über der 50%-Linie. - Nach dem Übergang verläuft die Relationskurve zunächst von V_{3r} bis V_2 sehr flach und steigt dann von V_3 bis V_6 schnell auf hohe Werte an. Vergleicht man das Bild dieser Kurve der Gruppe I mit den von J.SCHMIDT als typisch angegebenen Relationskurven, so erkennt man an ihr bereits Anzeichen der Linkshypertrophiekurve. Zeichen der Rechtshypertrophie sind nicht mehr deutlich vorhanden. Mit zunehmendem Alter der Kinder werden nun die Linkshypertrophie-Zeichen ausgeprägter: Der Kurvenbeginn sinkt weiter unter die 50%-Linie. Bis zum Ende des zweiten Lebensjahres liegt nun auch der Wert der Ableitung V_{3r} konstant unter der 50%-Linie.

Im Verlauf des 3.Lebensjahres (Gruppen V-VIII) wird die Übergangszone kontinuierlich von V_1 nach V_2 verschoben und liegt am Ende des 3.Lebensjahres zwischen V_2 und V_3.

Die Relationskurve des 4.Lebensjahres (Gruppe IX) zeigt einen Übergang bei V_3 und ist eine vollausgeprägte Linkshypertrophiekurve, wie auch schon die der Kinder von 2½ bis 3 Jahren: Alle präcordialen Ableitepunkte von V_{4r} bis V_2 zeigen einen Relationswert von weniger als 50%, und nach dem Übergang etwa bei V_3 - dessen Relationswert in der unmittelbaren Nähe der 50%-Linie liegt, - erfolgt ein steiler Anstieg der Kurve von V_4 bis V_6.

In der letzten Zeichnung der Abb.4 (s.Anhang) sind die Relationskurven der jüngsten Kinder (Gruppe I) und der ältesten (Gruppe IX) noch einmal übereinander gezeichnet, um die Entwicklung während des betrachteten Zeitraumes zu veranschaulichen.

Auch der Verlauf der Mittelwerte aller Summenquotienten spiegelt die kontinuierliche "Reifung" der physiologischen Linkshypertrophiekurve wider. Der Q_S fällt von o,71 zu Beginn des 2.Lebensjahres auf o,56 am Ende des 3.Lebensjahres. Während des 4.Lebensjahres liegt er bei o,55. Wie bereits erwähnt, konnte GUTHEIL eine enge positive Korrelation zwischen dem Wert des Summenquotienten und dem Ventrikeldruckquotienten (Q_V) nachweisen. Die Formel für die Errechnung des Ventrikeldruckquotienten aus dem Summenquotienten lautet: $Q_V = \frac{Q_S}{U}$.

U ist der Umrechnungsfaktor und hat die Größe von 1,67. Nach obiger Formel errechnet sich demnach für den Beginn des 2.Lebensjahres (Q_S=o,71) ein Q_V von $\frac{1}{2,35}$ und für das Ende des 3.Lebensjahres (Q_S=o,56) ein Wert von $\frac{1}{2,98}$ für Q_V. Das bedeutet, daß der Druck im linken Ventrikel im ersten Fall 2,35 mal und im letzteren Fall 2,98 mal größer ist als im rechten Ventrikel.

Bei der Besprechung der Q_S-Werte soll auch auf den unterschiedlichen Verlauf der Mittelwerte für Knaben und Mädchen hingewiesen werden. Es dürfte eine sehr geringe Zufallswahrscheinlichkeit für die Tatsache vorliegen, daß von den 9 einzelnen Werten für die 9 Gruppen in 8 Gruppen die Werte der Knaben über dem Durchschnitt und oft erheblich über den Werten der Mädchen liegen. Es würde dies bedeuten, daß die Entwicklung der endgültigen Ventrikel-Massenverhältnisse bei den Mädchen etwas rascher verliefe als bei den Knaben. Anatomische Belege hierfür ließen sich in der Literatur nicht finden. HORT wies ausdrücklich darauf hin, daß er keine Trennung nach Geschlechtern vorgenommen hat, und auch bei EMERY und MITHAL ließen sich keine Anhaltspunkte finden. Vielleicht besteht aber doch eine Berechtigung, die Frage zu prüfen, ob sich die Herzentwicklung bei Knaben und Mädchen in diesem Alter verschieden schnell vollzieht. Wegen der recht großen physiologischen Streubreite müßte sich der Nachweis auf ein etwas größeres Untersuchungsgut stützen. Die Minimal- und die Maximalwerte der Summenquotienten lassen die Unterschiede zwischen Knaben und Mädchen nicht so deutlich erkennen. (s.Tabelle 4 im Text).

An dieser Stelle soll der Summenquotient im Zusammenhang mit einer Arbeit von EMERY und MITHAL erwähnt werden. Die Autoren bestimmten das Herzgewicht bzw. die Massenverhältnisse der Ventrikel mit einer anderen Methodik als HORT und MÜLLER. Während MÜLLER konstant 3o% des Septumgewichtes dem rechten und 7o% dem linken Ventrikel zurechnete, und HORT allein die Gewichtsverhältnisse der freien Kammerwand bestimmte, trennten EMERY und MITHAL die Ventrikel an der "anatomischen Nahtstelle" im Septum. Sie kamen zu den in Tabelle 5 (S.15) angeführten Ergebnissen.
Bildet man aus den von ihnen gefundenen Ventrikelgewichten einen Quotienten, so ergeben sich die in Spalte 4 der Tab.5 angegebenen Zahlen. Im Vergleich dazu ist der von uns aus den präcordialen Ableitungen des EKG in der oben

beschriebenen Weise errechnete Summenquotient Q_S angegeben, soweit sich die Altersgruppeneinteilung von EMERY und MITHAL mit unseren Altersgruppen vergleichen läßt.

Tabelle 5:

Alter	Gewicht re.Ventr.	Gewicht li.Ventr.	re.Ventr. / li.Ventr.	Q_S
9M.-1J.1M.	12,o g	18,2 g	o,66	o,71+
1J.1M.-1J.6M.	12,o g	21,5 g	o,56	o,67
1J.6M.-2J.5M.	17,3 g	26,o g	o,66	o,61
2J.5M.-5J.	18,1 g	3o,2 g	o,6o	o,55+
5J. -8J.4M.	29,9 g	47,6 g	o,63	-
8J.4M.- 13J.	35,o g	62,2 g	o,56	-

+ = keine genaue Übereinstimmung der Altersgruppen.

Nach diesen Autoren findet man also erst nach dem 13.Lebensjahr ein Muskelmassenverhältnis von rechts zu links wie 1:2. Die Mittelwerte von Q_S lassen sich mit den anatomischen Befunden von EMERY und MITHAL gut in Einklang bringen. Es scheint somit sinnvoller zu sein, die elektrokardiographischen Werte mit einem Muskelmassenverhältnis zu korrelieren, das auch den septalen Anteil der Kammer mitberücksichtigt, denn auch GOULD, SCHER und HAMLIN konnten in einer experimentellen Arbeit am isolierten Herzen in vitro die Bedeutung des septalen Anteils am rechtspräcordial registrierten QRS-Komplex nachweisen.

Die von uns errechneten Q_S-Werte weisen eine recht große Streubreite auf, die innerhalb der betrachteten Altersgruppen überall ungefähr gleich groß ist und zwischen o,3o und 1,1o im 2.Lebensjahr und zwischen o,2o und 1,o5 im 3.Lebensjahr liegt; die Werte o,2o und 1,1o sind ausgesprochenen Grenzfälle, und 95% aller ermittelten Q_S-Werte liegen zwischen o,9o und o,3o. Wie jedoch auch ZIEGLER in einer neueren Arbeit wieder zum Ausdruck bringt, (s. auch GOODWIN und ABDIN), hängt das Verhältnis R:R+S wahrscheinlich nicht allein vom Muskelmassenverhältnis der Ventrikel ab,

sondern es spielen neben extrakardialen Faktoren vor allem auch das Wachstum des Herzens mit den dadurch bedingten Lageänderungen und Veränderungen im Verlauf der Vektorschleife eine Rolle ("Wachstumsfaktor" nach HECK und STOERMER; CASSALS and ZIEGLER, GUNTHEROTH). Auch der Übergang aus der vorwiegend liegenden Haltung des Säuglings in die vorherrschend aufrechte Haltung während des Kleinkindesalters dürfte die Lageänderung des Herzens mitbedingen. Das Muskelmassenverhältnis ist jedoch für das R:R+S-Verhältnis ausschlaggebend.

Es soll nun noch ein kurzer Vergleich der von uns ermittelten Relationswerte mit den von anderen Autoren angegebenen R:S-Quotienten der entsprechenden Altersgruppe vorgenommen werden. Eine Gegenüberstellung der in fast allen anderen Untersuchungsreihen verwendeten R:S-Quotienten mit den von uns in Prozent ausgedrückten Relationswerten R:R+S sei zur Orientierung vorangestellt:

R:S-Quotient	R:R+S (in %)
0,25	20
0,50	33
1,00	50
1,50	60
2,00	66
3,00	75
5,00	83
10,00	91
20,00	95

Tabelle 6: Gegenüberstellung der R:S-Quotienten mit den Relationsquotienten R:R+S.

Von den verschiedenen Autoren werden nun verschiedene Mittelwerte angegeben, manchmal auch Grenzwerte, bei deren Über- oder Unterschreiten man an eine Rechtshypertrophie denken müsse, (gemeint ist hier also eine pathologische Rechtshypertrophie). Wir werden die Arbeiten in der Reihenfolge ihrer Veröffentlichung besprechen.

TUDBURY und ATKINSON geben als Mittelwert für R:S in V_1 in der Altersgruppe 1 Jahr bis 4 Jahre o,95 an, das entspricht etwa 49%. Wir fanden einen nur unwesentlich niedrigeren Mittelwert für diesen Ableitepunkt. Er beträgt für den ganzen Zeitraum 48% und es ergibt sich somit eine gute Übereinstimmung mit dem von diesen Autorinnen gefundenen Wert.

ALIMURUNG gab keine Mittelwerte an, sondern stellte fest, in wieviel % seiner Fälle in V_1 die Zacken-Formen R, Rs und R größer als S auftraten. In der Altersgruppe von 1o Monaten bis zu 2 Jahren fand er diese Zackenform in 77%, in der Gruppe 3 bis 5 Jahre nur noch in 19% seiner Fälle. Unsere Vergleichszahlen lauten: 42% R-, Rs- und R>S-Formen in V_1 bei unseren Kindern von 12 Monaten bis zu 2 Jahren und 32% für die Gruppe vom vollendeten 2. bis zum vollendeten 4.Lebensjahr. Die Unterschiede können durch die inkongruente Gruppeneinteilung mitbedingt sein, denn das von ALIMURUNG mit erfaßte 5.Lebensjahr ist in unserer Untersuchungsreihe nicht mit enthalten. In unserer Gruppe IX (= 4.Lebensjahr) allein fanden wir in 4 von 19 Fällen, das sind 21%, die R-, Rs- und R>S-Formen in V_1; in unserer Gruppe I (1 Jahr bis 1 Jahr 3 Monate) waren es noch 15 von 27 (=56%). Der 21%-Wert der Gruppe IX kommt also dem entsprechenden 19%-Wert von ALIMURUNG sehr nahe.

DOLL, KLEPZIG, REINDELL und MEHNERT bemerken lediglich, daß sich in ihrer Untersuchungsreihe der R:S-Quotient für V_1 bis V_3 bei Kindern des 2. und 3.Lebensjahres teils wie bei Säuglingen, teils wie bei älteren Kindern verhielt. Das können wir auch anhand unserer Ergebnisse bestätigen.

ROSSI und ONAT sahen für R:S in V_1 den Wert von 1,3 (das entspricht 57%) als oberen Grenzwert an, (im Kindesalter!) ohne eine bestimmte Altersgruppeneinteilung vorzunehmen. Dieser Wert ist für Kinder unter 2 Jahren sicher etwas zu niedrig angenommen, er wurde bei unserer Untersuchung in

den Altersgruppen I bis IV (entsprechend 1-2 Jahre) in 21 von 94 Fällen überschritten (= 22% der Fälle), in den Gruppen der 2- bis vollendet 4-jährigen Kinder waren es nur noch 15 von 118 (= 13%) die darüber lagen. Es zeigt sich hierbei wieder, daß es berechtigt ist, bei jüngeren Kindern (unter 5 Jahren) eine feinere Abstufung vorzunehmen.

HOLLMANN gibt folgende Kriterien für die Diagnose einer (pathologischen) Rechtsventrikelhypertrophie an:

	1-2J.	3-5J.			1-2J.	3-5J.	
R:S in V_1	2,5	2,0	oder mehr	R:S in V_5	0,8	0,9	oder weniger

Das entspricht folgenden R:R+S-Werten:

	1-2J.	3-5J.			1-2J.	3-5J.	
R:R+S in V_1	72%	66%	oder mehr	R:R+S in V_5	45%	48%	oder weniger

Von den 94 Kindern der Ein- bis Zweijährigen unserer Untersuchungsreihe lagen die Werte für V_1 in 4 Fällen = 4,2% über dem von HOLLMANN angegebenen Grenzwert, die Werte für V_5 nur in 2 Fällen (= 2,1%) niedriger.
Von den Kindern zwischen dem 2. und dem vollendeten 4.Lebensjahr unserer Reihe, für die die obere Grenze von R:R+S in V_1 66% und die untere in V_5 48% betragen, überschritt die obere Grenze nur 1 Kind von 118, und in V_5 lag kein Kind unter dem Minimalwert, der Minimalwert wurde nicht einmal erreicht. Man kann also sagen, daß die Grenzwerte von HOLLMANN ausreichend weit gefaßt sind und die physiologische Variationsbreite umfassen.

Schließlich sollen noch die Arbeiten von STOERMER und GODT sowie von ZIEGLER erwähnt werden.
Die von den ersten beiden Autoren für das 2. und 3.Lebensjahr angegebenen Mittelwerte für den R:S-Quotienten von V_1 bis V_6 stehen gut im Einklang mit den von uns gefundenen Relationsquotienten.

Es sei noch ein letzter Zahlenvergleich gestattet. In der folgenden Tabelle 7 sind zunächst die Mittelwerte der R:S-Quotienten nach STOERMER und GODT aufgeführt. Sie wurden dann in Prozentwerte umgerechnet und den von uns ermittelten Prozentwerten gegenübergestellt.

Tabelle 7:

Ableitepunkt	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
Mittelwerte der R:S-Quotienten (STOERMER/GODT)	1,071	1,124	1,248	2,505	4,160	8,230
obige Werte ausgedrückt als R:R+S (in%)	52	52	55	71	81	89
eigene Mittelwerte (Gr.I-VIII) R:R+S (in%)	49	50	55	66	79	90

Bildet man in diesem Fall aus den Ableitungen $V_1+V_2+V_3$ und $V_4+V_5+V_6$ den Summenquotienten, so erhält man in beiden Fällen außerordentlich ähnliche Zahlen: Aus den Werten von STOERMER und GODT errechnen sich o,659, aus unseren Werten ein Q_s von o,655, man kann also beide Werte gleich o,66 setzen. Es muß besonders betont werden, daß bei dieser Rechnung die Werte von $V_1+V_2+V_3$ in den Zähler eingesetzt wurden, weil STOERMER und GODT keine Zahlenangaben für V_{3r}, dessen Wert wir sonst bei der Q_s-Berechnung verwendeten (bis auf 4 von 212 Fällen), veröffentlicht haben. Daher liegt der Mittelwert des Q_s für den gesamten Zeitraum der Altersgruppen I bis VIII bei o,66, während er bei Anwendung von $V_{3r}+V_1+V_2$ in unserer Untersuchungsreihe bei o,62 liegt.

Zu der Arbeit von ZIEGLER ist zu vermerken, daß die von ihm gezeigten Relationskurven für die Altersgruppen von 1-3 Jahren ebenfalls schon die Zeichen der physiologischen Linkshypertrophie aufweisen.

Abschließend kann gesagt werden, daß unsere Untersuchungsergebnisse in vielen Punkten mit denen der zitierten Autoren übereinstimmten. Es fällt auf, daß in den meisten bisherigen Untersuchungsreihen besondere Aufmerksamkeit auf V_1 gerichtet war und die übrigen Ableitepunkte, besonders auch die des äußeren rechten Präcordiums, also V_{4r} und V_{3r}, keine Berücksichtigung fanden. Vielleicht ist es möglich, mithilfe des Summenquotienten, der die elektrokardiographischen Äquivalente beider Herzkammern beinhaltet, zu einer ganzheitlichen Betrachtung der präcordialen Brustwandableitungen zu kommen, da nur die Beurteilung des ganzen Kurvenbildes eine Aussage über die Hypertrophieverhältnisse erlaubt. Daß der Summenquotient ein Indikator auch für feinere Entwicklungsvorgänge und Veränderungen am Herzen ist, konnte vielleicht mit dem Nachweis der Ausreifung der physiologischen Linkshypertrophie während des Kleinkindesalters verdeutlicht werden.

Zusammenfassung

Aus den beschriebenen Untersuchungen und ihrer Auswertung geht hervor, daß sich die Entwicklung des Herzens von der physiologischen Rechts- zur physiologischen Linkshypertrophie auch noch über das Kleinkindesalter erstreckt. Jedoch sind die Entwicklungsvorgänge in dieser Zeit mehr als eine "Reifung" der physiologischen Linkshypertrophiekurve anzusehen, denn die Zeichen der Linkshypertrophie deuten sich bereits zu Beginn des 2.Lebensjahres an.
Die physiologische Variationsbreite des EKG im Kleinkindesalter ist groß, doch konnten wir bei den beobachteten 212 Kindern keine Rechtshypertrophiekurven in reiner Form finden, sondern nur in einigen Fällen die Zeichen der Doppelhypertrophie.

Anhand der Relationskurven und des Verlaufs des Summenquotienten wurde die Entwicklung des EKG im Kleinkindesalter

verdeutlicht.
Mit den anatomischen Befunden von EMERY und MITHAL ließ sich eine gute Übereinstimmung finden. Die eigenen Untersuchungsergebnisse wurden mit denen anderer Autoren verglichen.

ANHANG

Tabelle 1

Zusammenstellung der aus den Brustwandableitungen errechneten Relationsquotienten R:R+S (in%) von 212 herzgesunden Kleinkindern. Aufteilung in 9 Gruppen nach Altersstufen.

Gruppe	Fälle	Alter	V_{4r}	V_{3r}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
I	27	1 J.	5o	5o	5o	44	73	62	62	78
		bis	5o	42	52	44	77	97	1oo	1oo
			44	43	47	5o	77	91	93	1oo
		1 J.	43	58	56	6o	54	58	69	92
		3 Mon.	5o	6o	71	58	5o	68	71	87
			43	66	69	63	58	72	72	91
			5o	75	8o	56	56	7o	72	92
			5o	6o	63	5o	53	58	85	91
			5o	47	45	45	52	58	8o	8o
			66	43	55	52	58	5o	64	9o
			5o	57	6o	61	83	77	94	1oo
			4o	5o	5o	66	65	72	93	92
			33	37	33	42	42	56	75	78
			17	3o	4o	5o	48	58	83	92
			6o	5o	47	47	47	56	93	92
			37	42	4o	39	54	95	94	1oo
			5o	5o	52	52	32	53	63	1oo
			6o	56	57	5o	61	43	6o	84
			5o	5o	48	47	43	37	37	66
			-	64	75	65	63	61	75	72
			-	-	5o	68	59	57	7o	83
			25	5o	54	56	6o	77	87	94
			5o	-	53	57	53	54	63	7o
			5o	54	53	52	5o	56	82	94
			-	-	4o	41	4o	46	64	69
			29	44	44	64	6o	68	85	89
			62	58	57	63	68	83	88	1oo
II	19	1 J.	66	6o	73	52	64	64	81	82
		3 Mon.	5o	4o	42	55	44	66	75	9o
		bis	33	46	4o	33	53	52	82	84
			5o	44	48	33	43	48	82	1oo
		1 J.	25	3o	22	42	5o	65	79	9o
		6 Mon.	5o	5o	53	43	33	46	61	77
			6o	66	59	58	68	69	55	93
			37	53	5o	56	59	55	71	85
			43	36	38	36	36	56	77	91
			66	63	5o	53	53	5o	7o	87
			37	44	5o	53	39	89	94	1oo
			43	57	57	4o	5o	56	7o	1oo
			43	6o	5o	52	46	75	93	9o
			5o	47	58	51	62	73	91	1oo
			33	44	56	54	54	63	1oo	94
			5o	46	44	42	54	69	7o	86
			33	5o	6o	64	58	64	66	8o
			5o	43	45	42	66	79	88	1oo
			5o	6o	5o	53	5o	63	76	87

Fortsetzung Tabelle 1:

Gruppe	Fälle	Alter	V_{4r}	V_{3r}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
III	25	1 J.	25	5o	5o	66	53	69	83	9o
		6 Mon.	43	5o	53	46	48	85	48	1oo
		bis	6o	57	55	41	53	47	58	73
			5o	5o	61	67	59	57	68	9o
		1 J.	26	4o	38	39	73	95	1oo	1oo
		9 Mon.	44	42	47	24	63	61	84	1oo
			33	3o	31	21	35	48	69	1oo
			25	33	33	33	24	5o	69	86
			33	45	47	57	58	59	75	7o
			3o	38	47	43	4o	45	89	95
			33	5o	5o	63	43	48	89	94
			19	43	46	48	55	46	77	1oo
			25	33	42	58	64	66	65	89
			53	57	5o	5o	5o	58	91	1oo
			4o	4o	5o	46	56	46	6o	1oo
			-	66	56	48	52	55	69	8o
			5o	55	63	63	58	59	62	75
			33	38	5o	57	54	55	72	72
			14	22	45	54	61	71	91	94
			6o	64	64	69	93	95	1oo	1oo
			29	44	56	54	59	56	78	86
			42	42	36	36	56	72	88	1oo
			25	27	38	42	47	6o	93	89
			5o	46	57	56	59	58	86	93
			5o	5o	5o	6o	53	71	8o	8o
IV	23	1 J.	3o	37	33	5o	5o	64	87	1oo
		9 Mon.	33	3o	35	31	36	48	73	9o
		bis	56	5o	7o	66	61	77	95	1oo
			36	4o	44	63	51	59	79	1oo
		2 J.	46	37	47	44	54	78	86	1oo
			25	37	31	44	75	43	83	1oo
			44	55	55	52	56	61	65	76
			55	48	47	59	56	53	77	1oo
			4o	44	44	53	44	89	95	1oo
			5o	45	5o	53	5o	38	42	57
			66	66	78	61	75	79	77	88
			56	6o	66	58	48	62	76	91
			0	7	2o	3o	44	42	55	84
			33	6o	58	52	53	63	8o	89
			5o	58	64	63	6o	58	7o	7o
			33	29	42	5o	5o	82	95	95
			0	0	5o	5o	44	65	75	86
			33	25	62	5o	5o	6o	73	92
			17	45	5o	5o	59	6o	8o	9o
			25	27	33	38	41	62	87	1oo
			-	5o	46	45	61	72	88	1oo
			66	6o	64	58	6o	77	91	1oo
			4o	5o	58	55	77	86	91	1oo

Fortsetzung Tabelle 1:

Gruppe	Fälle	Alter	V_{4r}	V_{3r}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V	18	2 J.	38	44	58	52	7o	92	93	1oo
		bis	29	44	58	68	64	65	74	71
		2 J.	5o	5o	56	42	52	59	87	1oo
		3 Mon.	5o	38	39	39	5o	91	1oo	1oo
			75	57	5o	53	42	75	85	88
			33	5o	5o	57	64	81	95	93
			66	58	58	52	61	42	66	89
			2o	29	27	26	42	59	84	1oo
			67	5o	48	4o	56	88	95	1oo
			62	6o	64	78	8o	78	78	89
			0	25	5o	5o	63	75	85	96
			6o	6o	56	58	57	59	7o	9o
			4o	33	38	44	5o	71	8o	1oo
			63	56	5o	56	56	73	8o	85
			38	5o	55	48	5o	62	8o	92
			27	41	46	54	7o	86	94	1oo
			29	33	38	55	52	52	68	73
			0	13	33	53	54	64	66	8o
VI	22	2 J.	57	55	44	43	68	96	1oo	1oo
		3 Mon.	4o	43	6o	57	55	56	84	1oo
		bis	5o	6o	83	62	66	78	9o	93
		2 J.	33	5o	-	54	55	75	84	93
		6 Mon.	46	47	5o	5o	53	75	1oo	92
			4o	47	58	68	64	83	85	1oo
			5o	5o	37	5o	66	79	89	1oo
			4o	46	56	45	52	88	1oo	1oo
			8o	75	78	56	64	84	1oo	1oo
			28	32	39	37	43	52	82	92
			37	45	58	52	64	78	96	92
			28	3o	33	34	42	7o	81	92
			28	3o	43	42	54	56	74	94
			5o	44	46	34	42	64	92	1oo
			5o	5o	5o	64	64	73	82	9o
			5o	57	57	5o	75	81	78	84
			5o	6o	57	47	56	85	93	86
			25	5o	58	62	52	75	8o	86
			44	5o	54	55	44	65	75	75
			5o	38	43	4o	64	75	8o	93
			14	25	2o	29	35	38	66	9o
			43	45	46	47	47	48	5o	57

Fortsetzung Tabelle 1:

Gruppe	Fälle	Alter	V_{4r}	V_{3r}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
VII	25	2 J.	33	36	36	36	56	6o	87	1oo
		6 Mon.	46	45	53	56	58	77	93	82
		bis	54	53	5o	44	5o	53	5o	56
			38	47	48	44	66	68	84	92
		2 J.	33	33	44	39	42	46	57	1oo
		9 Mon.	5o	5o	5o	45	45	6o	85	1oo
			5o	44	5o	47	45	62	79	9o
			46	5o	44	52	49	6o	66	75
			25	4o	37	5o	58	56	56	63
			33	5o	54	5o	47	84	95	83
			33	38	5o	39	46	66	76	83
			42	45	37	33	45	85	95	1oo
			43	42	43	39	57	86	1oo	1oo
			5o	66	6o	44	45	56	58	78
			3o	27	29	26	29	48	7o	1oo
			55	52	52	59	65	82	95	1oo
			33	5o	45	42	55	72	1oo	89
			43	47	5o	56	76	88	91	1oo
			-	66	56	66	63	62	75	93
			33	31	35	41	44	57	66	93
			5o	5o	57	5o	6o	68	72	89
			25	3o	27	5o	83	83	89	1oo
			5o	5o	48	48	44	57	74	83
			25	4o	43	44	56	62	8o	1oo
			4o	5o	6o	58	55	69	82	9o
VIII	34	2 J.	28	33	44	46	54	58	66	87
		9 Mon.	-	-	41	35	5o	57	8o	1oo
		bis	0	14	12	25	36	5o	66	8o
			4o	55	57	48	33	42	5o	6o
		3 J.	5o	57	63	64	52	75	73	87
		1 Mon.	25	4o	5o	69	56	63	8o	93
			25	33	33	47	58	9o	1oo	1oo
			17	18	17	24	35	93	1oo	1oo
			6o	5o	5o	53	63	64	86	1oo
			37	33	38	53	57	82	89	94
			25	33	46	5o	56	7o	93	93
			38	38	3o	32	42	66	1oo	1oo
			5o	53	58	55	73	8o	93	9o
			5o	45	5o	41	5o	8o	82	83
			57	5o	53	54	5o	82	1oo	1oo
			66	57	56	62	74	81	7o	89
			5o	5o	5o	58	66	62	83	88
			66	63	52	42	54	71	72	92
			5o	66	57	5o	58	64	75	73
			38	48	54	62	64	87	1oo	1oo
			17	18	18	24	39	9o	1oo	1oo
			33	5o	5o	47	75	79	8o	95
			25	38	33	32	38	58	72	83
			43	5o	56	58	47	44	79	91
			-	5o	45	47	38	75	83	86
			28	3o	35	52	52	54	88	88
			33	4o	29	32	55	59	82	93
			2o	43	4o	64	62	68	76	91
			5o	5o	47	43	6o	77	88	1oo
			5o	5o	45	48	62	75	89	91
			17	25	23	21	4o	66	93	1oo
			33	33	56	56	5o	56	69	86
			2o	17	27	27	52	82	85	89
			5o	5o	62	55	47	58	65	79

Fortsetzung Tabelle 1:

Gruppe	Fälle	Alter	V_{4r}	V_{3r}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
IX	19	3 J.	56	45	5o	37	51	6o	94	1oo
		1 Mon.	5o	57	47	36	36	53	5o	83
		bis	5o	57	62	65	66	69	79	8o
		4 J.	57	56	57	38	66	58	86	82
			66	6o	46	52	5o	56	92	91
			33	33	29	37	37	47	58	63
			33	44	46	46	48	77	85	92
			2o	17	25	37	56	54	7o	84
			42	5o	53	69	66	71	96	1oo
			37	5o	5o	5o	5o	63	88	94
			25	33	25	28	21	5o	72	92
			4o	42	35	52	48	79	88	92
			33	43	46	43	64	82	95	94
			33	36	43	42	57	83	1oo	1oo
			33	43	44	32	4o	82	93	95
			37	42	36	42	32	62	93	1oo
			31	29	32	44	5o	77	95	95
			17	25	56	57	6o	74	9o	93
			25	39	36	4o	4o	52	77	88

Tabelle 2:

Zusammenstellung der aus den Brustwandableitungen der Elektrokardiogramme von 212 herzgesunden Kleinkindern ermittelten arithmetischen Mittelwerte der Relationsquotienten R:R+S (in%). Aufteilung in 9 Gruppen nach Altersstufen (s.Tab.1).

Gruppe	V_{4r}	V_{3r}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
I	46	52	53	53	57	64	73	88
II	46	49	5o	48	52	63	78	9o
III	37	44	49	5o	55	6o	79	9o
IV	38	42	5o	51	55	64	79	92
V	42	44	49	51	57	71	82	91
VI	42	47	51	49	56	72	85	91
VII	4o	45	46	46	53	67	79	9o
VIII	37	42	43	46	53	7o	8o	91
IX	38	42	43	44	49	65	84	9o

Tabelle 3

Zusammenstellung der Summenquotienten (Q_S) aller untersuchten Kinder. Die Q_S wurden aus den Zahlenwerten der Tabelle 1 errechnet.
Die Anordnung erfolgte innerhalb der Altersgruppen nach Größe der Zahlenwerte und getrennt für Knaben und Mädchen.
Alterseinteilung der Gruppen siehe Text S.9.

Gruppe	I		II		III	
Geschlecht	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Fälle	12	15	1o	9	12	13
Q_S-Werte	1,o4	o,98	o,84	o,63	o,86	o,92
	o,9o	o,87	o,83	o,59	o,83	o,83
	o,87	o,84	o,82	o,59	o,73	o,73
	o,84	o,84	o,8o	o,59	o,7o	o,71
	o,71	o,79	o,8o	o,55	o,67	o,69
	o,66	o,74	o,75	o,52	o,66	o,69
	o,65	o,74	o,72	o,49	o,63	o,67
	o,63	o,71	o,68	o,49	o,61	o,64
	o,62	o,69	o,6o	o,4o	o,6o	o,48
	o,54	o,66	o,54		o,56	o,46
	o,52	o,63			o,47	o,44
	o,49	o,62			o,44	o,4o
		o,6o				o,38
		o,46				
		o,42				

Gruppe	IV		V		VI	
Geschlecht	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Fälle	1o	13	8	1o	1o	12
Q_S-Werte	o,93	1,o8	o,85	o,82	o,89	o,76
	o,84	o,8o	o,81	o,68	o,79	o,74
	o,73	o,8o	o,79	o,65	o,74	o,71
	o,68	o,68	o,65	o,65	o,67	o,68
	o,67	o,62	o,54	o,6o	o,65	o,67
	o,63	o,59	o,5o	o,58	o,55	o,62
	o,61	o,54	o,49	o,49	o,51	o,58
	o,5o	o,52	o,47	o,46	o,49	o,51
	o,46	o,49		o,4o	o,48	o,51
	o,44	o,48		o,34	o,4o	o,48
		o,45				o,48
		o,39				o,38
		o,31				

Fortsetzung Tabelle 3:

Gruppe	VII		VIII		IX	
Geschlecht	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Fälle	13	12	21	13	15	4
Q_s-Werte	0,73	0,92	0,83	1,05	0,81	0,75
	0,73	0,89	0,82	0,78	0,67	0,50
	0,68	0,79	0,77	0,58	0,66	0,44
	0,61	0,69	0,73	0,58	0,64	0,40
	0,59	0,61	0,69	0,56	0,61	
	0,59	0,57	0,68	0,53	0,59	
	0,59	0,57	0,67	0,50	0,54	
	0,56	0,53	0,63	0,48	0,54	
	0,55	0,52	0,63	0,39	0,53	
	0,49	0,50	0,63	0,38	0,52	
	0,44	0,41	0,61	0,28	0,49	
	0,39	0,38	0,58	0,27	0,47	
	0,36		0,57	0,21	0,43	
			0,56		0,39	
			0,56		0,38	
			0,53			
			0,51			
			0,47			
			0,43			
			0,26			
			0,20			

Abbildung 4 a-k

Grafische Darstellung der Mittelwerte der Relationsquotienten R:R+S. (Den Abbildungen liegen die Zahlenwerte der Tabelle 2 zugrunde).
Für jede Altersgruppe von I bis IX wurde eine Relationskurve gezeichnet. In Abb.4 k) sind die Kurven der Gruppen I und IX übereinandergezeichnet, um die während des Kleinkindesalters stattfindende Entwicklung der Linkshypertrophiekurve zu verdeutlichen.

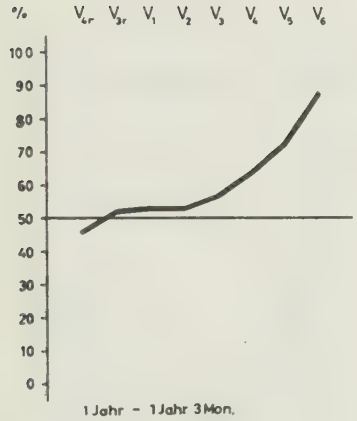

Abb.4 a) Gruppe I

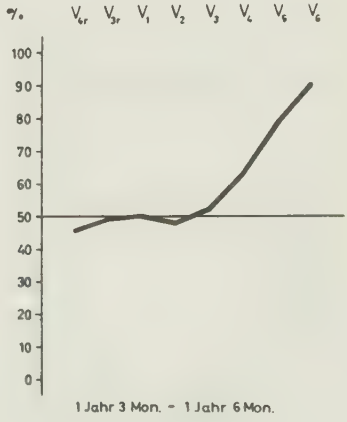

Abb.4 b) Gruppe II

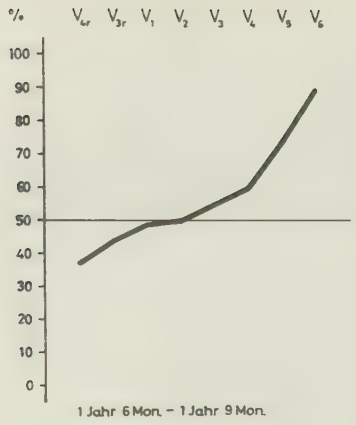

Abb.4 c) Gruppe III

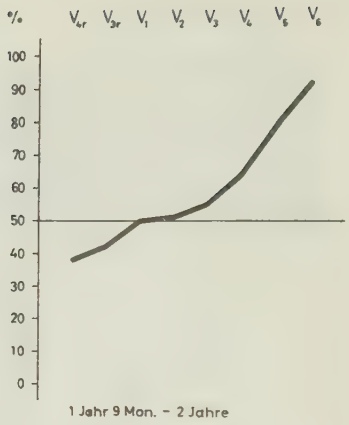

Abb.4 d) Gruppe IV

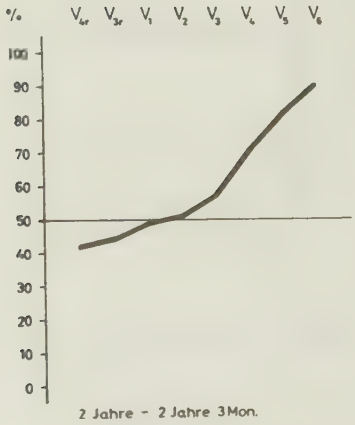

Abb.4 e) Gruppe V

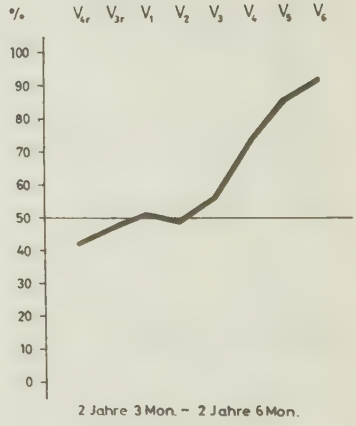

Abb.4 f) Gruppe VI

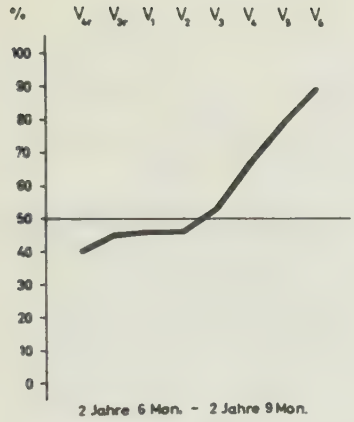

Abb.4 g) Gruppe VII

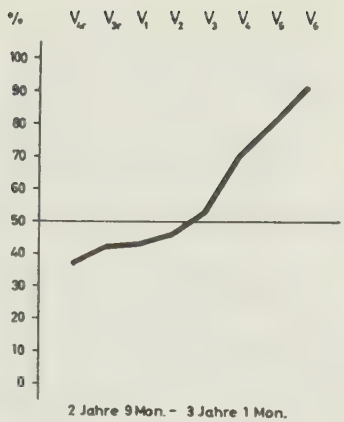

Abb.4 h) Gruppe VIII

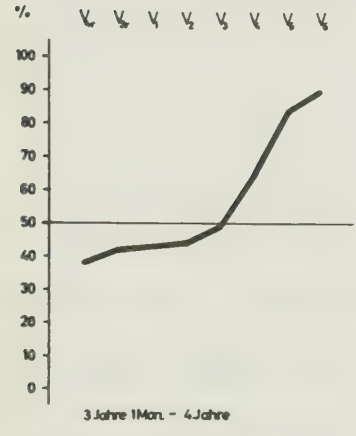

Abb.4 i) Gruppe IX

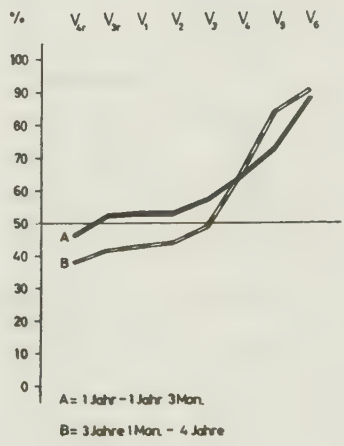

Abb.4 k) Gruppen I und IX

Literaturverzeichnis

1. ADAMS,F.H.: J.of Pediatrics 4o,42(1952)

2. ALIMURUNG,M.M. et al.: Circulation 4,42o(1951)

3. CASSELS,D.E. and R.F.ZIEGLER: Electrocardiography in infants and children; Grune & Stratton, New York / London 1966

4. DOLL,E., H.KLEPZIG, H.REINDELL und G.MEHNERT: Z.f.Kreislaufforschung 42,641(1953)

5. ELSTER,K. und M.v.LUTTEROTTI: Z.f.Kreislaufforschung 43,247(1954)

6. EMERY,J.L. and M.S.MACDONALD: Brit.Heart J. 22,563(196o)

7. EMERY,J.L. and A.MITHAL: Brit.Heart J. 23,313(1961)

8. GOODWIN,J.F. and Z.H.ABDIN: Brit.Heart J. 21,523(1959)

9. GOULD,J.P., A.M.SCHER, and R.L.HAMLIN: Am.Heart J. 61,796(1961)

1o. GUNTHEROTH,W.G.: Pediatric Electrocardiography; W.B.Sounders Comp.,Philadelphia,London 1965

11. GUTHEIL,H.: Archiv f.Kinderheilkunde (Beihefte)5o(1964)

12. GUTHEIL,H. und R.SAKHEL: Dissertation, Erlangen 1965

13. HECK,W. und STOERMER,J.: Pädiatr. EKG-Atlas, Stuttgart 1959

14. HOLLMANN,A.: Brit.Heart J. 2o,129(1958)

15. HORT,W.: Virchows Archiv f.path.Anat., 326,458(1955)

16. KEITH,J.D. und C.FORSYTH: Circulation 2,9o7(195o)

17. KINKEL,H., K.SPANG und A.WELSCH: Z.f.Kreislaufforschung 37,522(1948)

18. KORTH,C.: Klinische Elektrokardiographie; Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1957

19. LIND,J. und C.WEGELIUS: Zit.n.HORT, Virchows Archiv f.path. Anat. 326,458(1955)

2o. LINZBACH,A.J.: Klin.Wochenschrift 26,459(1948)

21. ROSSI,E. und T.ONAT: Helvet. pediatr. acta 11,455(1956)

22. MARQUIS,R.N.: Brit.Heart J. 13,89(1951)

23. MÜLLER,W.: Die Massenverhältnisse des menschlichen Herzens; Hamburg u. Leipzig 1883

24. ROTHSCHUH,K.E. und H.PORTHEINE: Z.f.Kreislaufforschung 37,489(1948)

25. SCHAEFER,H.: Das Elektrokardiogramm, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1951 (Springer)

26. SCHMIDT,J.: Hämodynamik und Elektrokardiogramm, Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1961

27. SOKOLOW,M. and T.P.LYON: Am.Heart J. 38,273(1949)

28. SPANG,K. und A.WELSCH: Dtsch.Archiv f.klin.Medizin 197,197(1950)

29. STOERMER,J.: Archiv f.Kinderheilkunde 165,125(1962)

30. STOERMER,J. und B.GODT: Z.f.Kreislaufforschung 50,951(1961)

31. TORNER-SOLER,M., I.BALAGUER-VINTRÓ, and J.GIBERT-QUERALTÓ: Am.Heart J. 49,538(1955)

32. TUDBURY,P.B. and ATKINSON,D.W.: J.Pediatr. 36,466(1950)

33. ZIEGLER,R.F.: Electrocardiographic Studies in Normal Infants and Children; Springfield, Charles C. Thomas 1951

Lebenslauf

Am 29.September 1940 wurde ich, Manfred Helmut Rudolf G r u h l, als zweites Kind des damaligen juristischen Sachbearbeiters Helmut Gruhl und seiner Ehefrau Annemarie geb. Groß in Leipzig geboren. Nach der Geburt meines Bruders im Jahre 1943 übersiedelten meine Eltern nach Auerbach im Vogtland. Dort besuchte ich von 1946 bis 1951 und von 1954 bis 1956 die Volksschule. Von Februar 1951 bis August 1954 mußte ich den Schulbesuch wegen Krankheit unterbrechen. Von 1956 bis 1959 besuchte ich die Geschwister-Scholl-Oberschule in Auerbach/Vogtl.
Im Februar 1959 verließ meine ganze Familie Mitteldeutschland und übersiedelte nach Nürnberg.
In der Bundesrepublik setzte ich meine Oberschulausbildung am Deutschen Gymnasium in Schwabach fort und legte hier im Juni 1961 die Reifeprüfung ab.
Im Wintersemester 1961/62 begann ich in Erlangen mit dem Medizinstudium; an der Universität Erlangen-Nürnberg bestand ich im Juli 1962 das Vorphysikum und im März 1964 das Physikum.
Nach dem Physikum setzte ich mein Studium für drei Semester in Hamburg an der Universitätsklinik Eppendorf fort.
Im Sommer 1965 kehrte ich nach Erlangen zurück und führte hier das klinische Studium zu Ende.
Am 25.7.67 bestand ich an der Universität Erlangen-Nürnberg das Medizinische Staatsexamen.

Offsetdruck - Fotodruck
Josef Hogl
8520 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz,) Tel. 22990

Offsetdruck - Fotodruck
- J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Telefon 22990 -